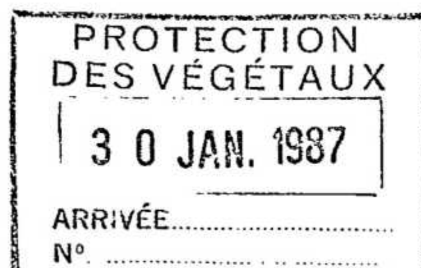
Sicherl

MINISTERE DE L'AGRICULTURE

SERVICE DE LA PROTECTION
DES VEGETAUX

1986



ROUILLES DES CEREALES

RAPPORT GENERAL

Rapporteur : F. PROJETTI
S.R.P.V. MIDI-PYRENEES

Ce document ne peut être communiqué qu'après la réunion de bilan, moyennant les corrections apportées et après accord de l'Administration Centrale.

ROUILLE BRUNE DU BLE

HOMOLOGATION

Rapporteur : F. PROJETTI

S.R.P.V. MIDI-PYRENEES

1.- OBJET DE L'EXPERIMENTATION

Comparer l'efficacité de différentes spécialités.

2.- PROGRAMME DE L'EXPERIMENTATION

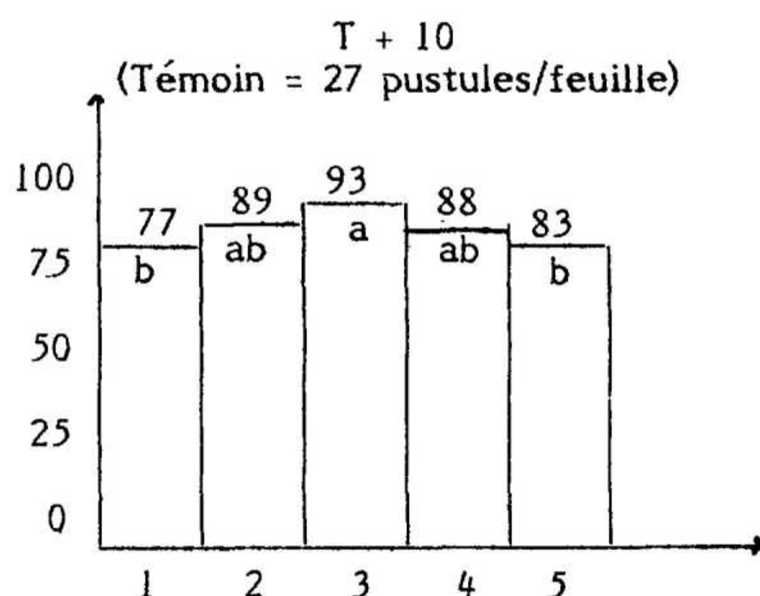
N°	Spécialités commerciales	Matières actives	Firmes	Dose S.C./ha	Conditions d'application
1	BAYFIDAN (réf.)	triadiménol	BAYER	0,5 l	Un
2	IMPACT SOPRA	flutriafol	SOPRA	1 l	traitement
3	PUNCH C	flusilazol carbendazime	DU PONT	0,8 l	apparition
4	SPORTAK OR	prochloraz dichlobutrazol	SCHERING	1,5 l	pustules sur
5	CORBEL	fenpropimorphe	BASF	1 l	F3

1 essai : BOUCHES-DU-RHONE (13) - Dispositif expérimental : bloc avec témoin incorporé - Volume bouillie : 400 l/ha

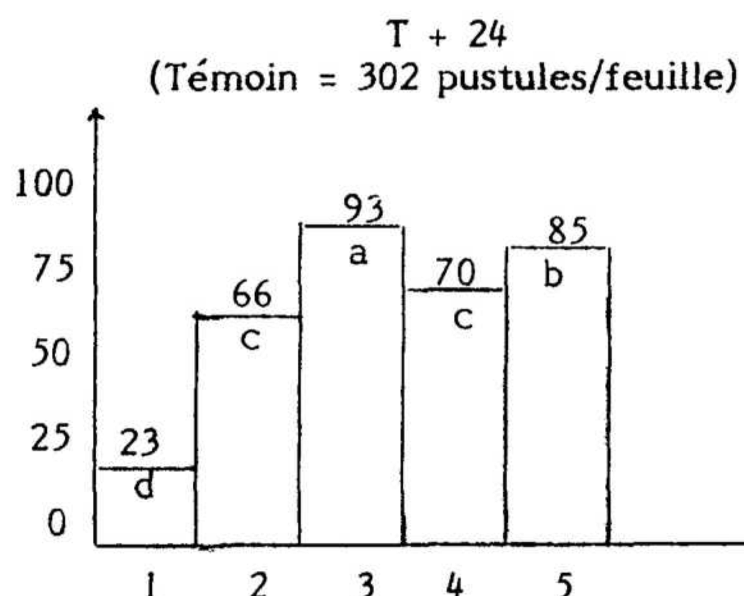
3.- RESULTATS

% Efficacité (Nombre moyen pustules) sur F

T + 10
(Témoin = 27 pustules/feuille)



T + 24
(Témoin = 302 pustules/feuille)



4.- CONCLUSIONS

Très bon comportement des 4 spécialités testées par rapport à la référence ; meilleure persistance d'action.
PUNCH C présente une excellente efficacité liée à son action curative et à sa rémanence.

Rapporteur : F. PROJETTI
S.R.P.V. MIDI-PYRENEES

ROUILLE JAUNE

Quasi absente, signalée uniquement dans la Drôme (Plaine de Pierrelatte) sur variété Prinqual et dans l'Eure (Plateau du Neubourg) sur variétés Norman et Festival.

Très faibles évolutions.

ROUILLE BRUNE

Evolution tardive et faible. Pas d'extension.

Zone Nord :

Apparition très tardive fin juin - début juillet dans quelques parcelles.

Aucune incidence sur le rendement.

Zone Sud :

Apparition fin mars - début avril, mais progression lente et modérée.

Quelques très rares parcelles, de blé dur particulièrement (Mondur, Primadur) ont nécessité des interventions spécifiques.

ROUILLE NAINE

Rare et sans incidence.

.../...

ROUILLE BRUNE DU BLE

ETUDE

Rapporteur : F. PROJETTI

S.R.P.V. MIDI-PYRENEES

L'étude a porté sur l'utilisation et la mise au point du modèle EPURE pour les Avertissements Agricoles (d'après le modèle de prévision SIMUL communiqué par F. RIJSDIJK - Université WAGENINGEN).

La version du modèle qui a fait l'objet de l'étude est celle utilisant les données quotidiennes de température et pluie.

Les conclusions sont les suivantes :

- le niveau d'attaque n'est que rarement équivalent à la réalité. Ce fait ne remet pas en cause le principe de calcul du modèle mais pose le problème du calage des paramètres. Ces paramètres ne peuvent être actuellement adaptés à chaque situation qu'à postériori, et leurs valeurs ne peuvent être reconduites d'une année à une autre car elles résument trop de critères inconnus (ex : pour le paramètre INIT qui constitue l'inoculum de départ, on ne connaît pas le comportement de la Rouille brune de la récolte au semis (conservation sur des graminées sauvages ? Dans quelles proportions ?). D'autre part, la forme d'initiation ne vient-elle pas de pays voisins ?).

- l'évolution calculée par le modèle semble proche de la réalité. Il faut cependant relativiser en ajoutant qu'il ne s'agit que du constat obtenu à partir de quelques comparaisons, et que l'année 1982 fait exception à cette règle.

Une utilisation du modèle pourrait être envisagée - avec prudence néanmoins- en calant les calculs sur une observation fine et précoce.

Le modèle de prévision EPURE présente donc des aspects positifs qu'il serait intéressant d'exploiter. Des possibilités d'amélioration sont envisageables sans étude complexe (humectation, modèle plante ....).

Les premiers résultats obtenus avec la version utilisant l'humectation sont encourageants.

.../...

EXPERIMENTATION ROUILLE JAUNE

1.- **Objectif** : comparer l'efficacité de différentes spécialités

2.- **Programme** :

N°	Spécialité	Firme	Composition	Dose ha m.a.	Dose ha S.C.
1	BAYFIDAN (DC) (1) ref	Bayer	250 g/l triadimenol	125 g	0,5 l
2	TILT 125	Ciba Geigy	125 g/l propiconazole	125 g	1 l
3	CORBEL	Basf	750 g/l fenpropimorphe	125 g	1 l
4	IMPACT SOPRA	Sopra	125 g/l flutriafol	125 g	1 l
5	PUNCH C	Du Pont	250 g/l fluzilazol 125 g/l carbendazime	200 g 100 g	0,8 l
6	SPORTAK OR	Schering	300 g/l prochloraz 40 g/l dichlobutrazol	450 g 60 g	1,5 l

Traitements :

- Traitement dès l'apparition des premiers symptômes
- Renouvellement, si nécessaire

3.- **Réalisation** :

Thème en réserve - Aucun essai mis en place du fait de l'absence de maladie

.../...

EXPERIMENTATION ROUILLE BRUNE

PROGRAMME ROUILLE BRUNE ATTAQUES PRECOCES (52 H1)

1.- Objectif :

. Comparer l'efficacité de différentes spécialités

. Vérifier l'intérêt d'un traitement à l'apparition de la maladie sur la F3

2.- Programme :

N°	Spécialité	Firme	Composition	Dose ha m.a.	Dose ha S.C.
1	BAYFIDAN (DC) (1) ref	Bayer	250 g/l triadimenol	125 g	0,5 l
2	IMPACT SOPRA (DC) (2)	Sopra	125 g/l flutriafol	125 g	1 l
3	PUNCH C (DC) (1) (ex 85 A 52)	Du Pont	260 g/l flusilazol 125 g/l carbendazime	200 g 100 g	0,8 l
4	SPORTAK OR	Schering	300 g/l prochloraz 40 g/l dichlobutrazol	450 g 60 g	1,5 l
5	IMPACT SOPRA	Sopra	125 g/l flutriafol	125 g	1 l
6*	CORBEL	Basf	750 g/l fenpropimorphe	750 g	1 l

* Condition 6 : Sud de la France et facultative.

Traitements :

Conditions 1, 2, 3, 4 et 6 : 2 traitements

T1 : dès apparition des pustules sur F3
T2 : T1 + 21 jours

Condition 5 : 1 traitement à T2 uniquement.

3.- Réalisation :

Quatre essais mis en place.
Aucun résultat du fait de l'absence de maladie.

.../...

EXPERIMENTATION ROUILLE BRUNE

PROGRAMME ROUILLE BRUNE ATTAQUES TARDIVES (52 H2)

1.- Objectif :

. Comparer l'efficacité de différentes spécialités

. Vérifier l'intérêt d'un traitement tardif

2.- Programme :

N°	Spécialité	Firme	Composition	Dose ha m.a.	Dose ha S.C.
1	BAYFIDAN (DC) (1) ref	Bayer	250 g/l triadimenol	125 g	0,5 l
2	IMPACT SOPRA (DC) (1)	Sopra	125 g/l flutriafol	125 g	1 l
3	PUNCH C (DC) (1) (ex 84 A 52)	Du Pont	250 g/l flusilazol 125 g/l carbendazime	200 g 100 g	0,8 l
4	SPORTAK OR	Schering	300 g/l prochloraz 40 g/l dichlobutrazol	450 g 60 g	1,5 l
5	IMPACT SOPRA	Sopra	125 g/l flutriafol	125 g	1 l

Traitements :

Conditions 1 à 4 : 1 traitement T1
dès apparition des pustules sur F3

Condition 5 : 2 traitements T1
T2 : T1 + 21 jours

3.- Réalisation :

Un essai mis en place et mené à son terme.

Le protocole suivi dans cet essai diffère du protocole national :

- Condition 5 : uniquement T2
- Modalité supplémentaire : CORBEL à T1.

.../...

3.1. Nomenclature des essais

Région	Département	Localité	Exploitant
PROVENCE - COTE D'AZUR	BOUCHES DU RHONE (13)	PORT ST LOUIS	M. THUAU

3.2. Conditions culturales

Variété	Précédent	Type de sol	Date de semis	Fumure azotée
MONDUR	Colza	Argilo-limoneux	17 octobre 1985	200 U

3.3. Evolution de la Rouille brune

Traitement		Conditions climatiques	Appareil pression	Volume bouillie/ha	Dimensions parcelles
Dates	Stades				
12/05	10-5	Clair, ensoleillé Vent Sud modéré T° = 25°C	Pulprex 4 bars	400 l	10 m x 2 = 20 m²
27/05	11-1	Couvert, Vent nul T° = 21°C	Pulprex 4 bars	400 l	10 m x 2 = 20 m²

3.4. Pluviométrie (en mm)

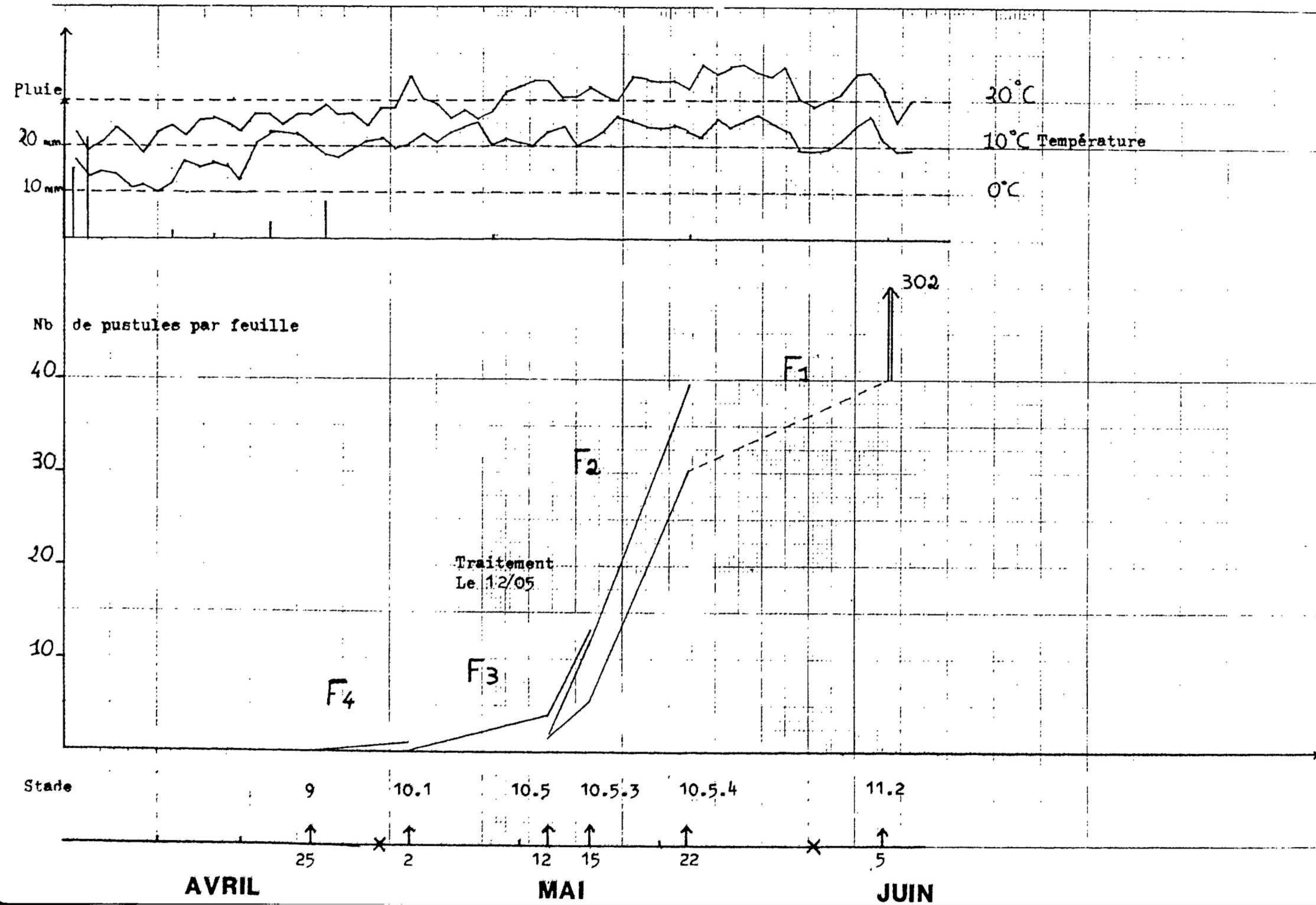
Date traitement	Décade avant traitement	Décades après traitement			
		1	2	3	4
12/05	0,3	1,2	0	0,7	4,3
27/05	1,2	0	3	2	0

3.5. Evolution de la Rouille brune

Etage foliaire	Nombre moyen de pustules/feuille				
	12/05 (T1)	15/05	22/05	27/05 (T2)	05/06
F1	1,7	5,6	30,4	173	302
F2	1,7	12	39,5	197	-
F3	4,1	13,4	-	-	-

Autres maladies observées : attaque faible de Septoriose sur feuillage de la base.

.../...


EVOLUTION DE LA ROUILLE BRUNE EN 1986
CAMARGUE
VARIETE MONDUR
Pluie
20 mm
10 mm
30°C
10°C Température
0°C
Nb de pustules par feuille
40
30
20
10
302
F1
F2
F3
F4
Traitement
Le 12/05
Stade
9
10.1
10.5
10.5.3
10.5.4
11.2
25
2
12
15
22
5
AVRIL
MAI
JUIN

3.6. Résultats expérimentaux

La Rouille brune a fait son apparition précocement (stade 9) et s'est développée de manière explosive à partir de l'épiaison.

Le traitement T1 a été réalisé alors que la maladie était déjà présente sur les feuilles supérieures.

Le traitement T2 a eu lieu en pleine phase explosive.

Efficacité visuelle

(Voir Tableaux I et II)

- Excellent comportement du PUNCH C dont l'action curative est bien mise en évidence
- Bonnes efficacités de IMPACT SOPRA, du CORBEL et du SPORTAK OR, toutes significativement supérieures à la référence à la notation T + 24
- Efficacité insuffisante de la référence BAYFIDAN qui "décroche" à T + 24 (équivalent au Témoin)
- Inefficacité totale (et attendue) de IMPACT SOPRA "en rattrapage" (T2)

Rendement (Voir Tableau III)

Seul SPORTAK OR est significativement supérieur au Témoin avec un gain de rendement de 8 q /ha. Le classement respecte la hiérarchie observée dans l'efficacité visuelle, sauf pour IMPACT SOPRA moins bien placé et SPORTAK OR qui vient en tête.

Conclusion

Bien que l'attaque de Rouille brune fut finalement assez modérée dans cet essai, les produits se sont trouvés, du fait du protocole, en situation difficile (un seul traitement intervenu un peu tard alors que la maladie était déjà sur feuilles supérieures et que des incubations étaient en cours).

Le protocole "Attaques précoces" aurait mieux convenu. Par contre, cet essai permet de juger de la curativité et surtout de la persistance d'action des produits.

Nous pouvons souligner, dans les conditions de cet essai, le bon comportement du PUNCH C, du SPORTAK OR, du CORBEL et de l'IMPACT SOPRA.

*

* *

*

Tableau 1

Notations		% efficacité (Nombre moyen de pustules sur feuille)						Notation Témoin	Ecart type	Signification
Date	Etage foliaire	Bayfidan (Réf.)	Impact	Punch C	Sportak Or	Impact T2	Corbel			
T1 + 10	F1	77 (b)	89 (ab)	93 (a)	88 (ab)	-	83 (b)	27,2 (c)	0,10	T H S
	F2	33 (bc)	69 (ab)	87 (a)	51 (bc)	-	70 (ab)	35,6 (c)	0,14	T H S
T1 + 24 ou T2 + 9	F1	23 (d)	66 (c)	93 (a)	70 (c)	23 (d)	85 (b)	302 (d)	0,09	T H S

Analyse statistique : transformation Log10(x+1)

Tableau 2

Notations		% surface verte						Notation Témoin	Ecart type	Signification
Date	Etage foliaire	Bayfidan (Réf.)	Impact	Punch C	Sportak Or	Impact T2	Corbel			
T1 + 24 ou T2 + 9	F1	3,8 (b)	27 (a)	38 (a)	27 (a)	2 (b)	33,5 (a)	1,3 (b)	0,08	T H S
	F2	0 (c)	12 (b)	28 (a)	9,5 (b)	0,3 (c)	18 (ab)	0,5 (c)	0,07	T H S

Analyse statistique : transformation Arc sin$\sqrt{x}$

Tableau 3

Augmentation de rendement (q/ha) à 15 % d'humidité						Rendement Témoin	Ecart type	Signification
Bayfidan (Réf.)	Impact	Punch C	Sportak Or	Impact T2	Corbel			
2,3 (ab)	2,6 (ab)	6,2 (ab)	8,0 (a)	2,5 (ab)	4,4 (ab)	59,7 (b)	2,35	S

___ significativement supérieur au Témoin

═ significativement supérieur à la référence

.../...

EVOLUTION ROUILLE JAUNE

La Rouille jaune n'est signalée qu'en région Provence - Alpes - Côte d'Azur et Haute-Normandie.

Région Provence - Alpes - Côte d'Azur

Fin mai, apparition de foyers très localisés sur la variété Prinqual dans la plaine de Pierrelatte (Drôme).

Très faible évolution.

Région Haute-Normandie

Début juin, apparition d'un foyer très réduit sur le plateau du Neubourg (Eure) - 2 parcelles des variétés Norman et Festival.

.../...

EVOLUTION ROUILLE BRUNE

Zone Sud

AQUITAINE	Premières attaques fin mars en Pyrénées Atlantiques (20 % parcelles CERESMAR touchées) mais la maladie reste cantonnée sur F4 jusqu'au 20/05 . Extension plus tardive en Lot-et-Garonne (10/05) et Gironde (20/05) mais attaques sur F1 et F2 sans gravités. Variétés atteintes : Hardi, Radja, Castan, Alvina.
MIDI-PYRENEES	Premières attaques début avril. Evolution faible et tardive. Variétés touchées : Capdur, Mondur, Primadur, Tomclair, Castan, Frandoc, Gala, Prinqual et Talent.
LANGUEDOC-ROUSSILLON	
PROVENCE-ALPES-COTE D'AZUR	Peu ou pas de dégâts. Peu de traitements spécifiques. L'essentiel des surfaces de céréales est semé en variétés moyennement résistantes (Cadur, Arcour, Créso) qui ne furent que pas ou très peu attaquées et dans tous les cas tardivement (Floraision et plus). Pour la variété Primadur, introduite en culture dans notre région cette année et considérées comme sensible à la Rouille brune, l'attaque est également apparue tardivement (Floraison) et limitée à la zone Sud Camargue.
CORSE	
POITOU-CHARENTES	Absence.
LIMOUSIN	
AUVERGNE	Quelques pustules notées début juillet sur Festival et Fidel.
RHONE-ALPES	Quelques rares parcelles touchées tardivement.

.../...

Zone Nord

Bretagne	Absence.
Pays de la Loire	
Centre	Apparition très tardive (fin juin). Attaques faibles sur de rares parcelles en zones précoces. Aucune incidence.
Bourgogne	Premières pustules observées à partir du 20/06 sur Fidel et Camp Rémy en plaine de Dijon. Evolution lente (48 % des F1 touchées entre traces et 20 % au 07/07).
Franche Comté	Quelques pustules vers le 25/06 très tardivement qui n'ont jamais évolué. Pas de traitement spécifique.
Basse-Normandie	Moins de 1 % des parcelles présentant des attaques tardives, sans incidence sur le le rendement.
Haute-Normandie	Premières pustules apparues très tard fin juin dans l'Eure et début juillet en Seine-Maritime. Parcelles les plus atteintes se situent au Sud de l'Eure (20 % plantes touchées). Auçun traitement spécifique.
Picardie	Quelques pustules observées localement à Crezancy (Aisne) le 18/06 et au Plessis Belleville (Oise) le 23/06 sur Fidel. Aucune évolution notable.
Nord - Pas-de-Calais	Quelques parcelles faiblement attaquées après le 15/07 vers le stade 11-2.
Ile de France	Quelques parcelles faiblement attaquées à partir de mi-juin.
CHAMPAGNE-ARDENNES	Absence.
LORRAINE	Absence.
ALSACE	Développement très tardif après l'épiaison dans quelques parcelles.

EVOLUTION ROUILLE NAINE

Zone Sud

AQUITAINE	Premières manifestations début avril dans CERESMAR. 20 % de F3 - F2 maximum touchées en fin floraison.
MIDI-PYRENEES	Premiers symptômes début avril. Evolution sur F3 - F2 fin mai - début juin (20 % d'organes touchés) dans Gers et Hautes-Pyrénées (Variétés Alpha, Barberousse et Panda).
LANGUEDOC-ROUSSILLON	
PROVENCE-ALPES-COTE D'AZUR	–
CORSE	
POITOU-CHARENTES	–
LIMOUSIN	
AUVERGNE	Absence.
RHONE-ALPES	Quasi absence

Zone Nord

Bretagne	Présence en fin de tallage - début montaison. Evolution faible et irrégulière. Quasi absence sur feuilles supérieures (1 parcelle Sonja touchée dans CERESMAR).
Pays de la Loire	
Centre	Présence sur de rares parcelles à des niveaux faibles d'attaques.
Bourgogne	—
Franche Comté	Quelques manifestations, sans incidence, même en l'absence de protection.
Basse-Normandie	—
Haute-Normandie	Absence.
Picardie	Absence.
Nord - Pas-de-Calais	Insignifiante sur Escourgeon. Absente sur Orge de printemps.
Ile de France	Quelques parcelles infestées vers le 20/06. Evolution lente.
CHAMPAGNE- ARDENNES	Absence.
LORRAINE	Absence.
ALSACE	Quasi absence.

ETUDE ROUILLE BRUNE

1/ - RAPPELS BIOLOGIQUES ET EPIDEMIOLOGIQUES

(extrait rapport Meurillon et Nedelec - 1986)

1.1) Symptômes et dégâts :

Certaines années, la présence de la Rouille Brune peut être observée durant l'hiver par foyers dispersés . Les attaques pouvant se manifester dès la fin avril, par des pustules d'abord à la pointe et à la base des feuilles (lieux où séjournent les gouttes d'eau), puis par la suite sur les deux faces du limbe).

Il ne semble pas qu'il y ait de gradient dans l'évolution de la maladie, tous les étages peuvent être touchés en même temps.

Les pustules (urédospores sont de couleur bien orangé et laissent échapper des spores qui vont permettre l'extension de la maladie. Les urédospores ont une forme éllipsoidale et leur taille varie de 0,5 à 1,7 mm. (OHM et SHANER - 1978)

En fin de saison, quand les températures deviennent élevées et les feuilles senescentes, des pustules noires, appelées téleutosores, s'installent sur les feuilles.

L'action du champignon se traduit par le dessechement prématuré des feuilles attaquées, d'où une baisse de rendement consécutive à celle du poids des 1000 grains, ainsi qu'une baisse de la qualité du grain par une diminution de la teneur en protéines (augmentation du mitadinage).

L'action du parasite se fait à plusieurs niveaux sur la plante hôte.

- destruction des chloroplastes et augmentation du coefficient respiratoire.
- blocage des photosynthétats au niveau des feuilles.
- évaporation accrue par les déchirures de l'épiderme et de la cuticule.
- Senescence plus précoce du système racinaire et agravation de l'échaudage climatique.

RAPILLY - LEMAIRE - CASSINI - 1973)

(GRIGNAC - 1973)

.../...

1.2) Cycle de développement

1.2.1) l'agent responsable -

C'est un champignon microscopique nommé PUCCINIA RECONDITA

Emb	=	Ecomycetes	Ordre	=	urédinales
Se	=	Basidiomycetes	Fam.	=	Pucciniacées
Cl	=	Phragmobasidiomycetes			

(ELLIS et HUGUES - 1971)

C'est une rouille macrocyclique hétéroique et un parasite dit obligatoire Elle est constituée d'un grand nombre de races physiologiques (228 connues aux Etats-Unis). SAARI-Young et KERN-KAMP 1968)

(YOUNG - PRESCOTT 1977)

Elles apparaissent par mutation ou par hybridation lors de la formation des hyphes à dicaryon (cf. Gamétophyte).

- En France, les travaux de reconnaissance des races commencent à peine. En 1986, le Laboratoire de pathologie de l'INAPG a collecté dans toute la France, des échantillons de Rouille Brune, afin d'établir une classification. Les résultats ne sont pas encore connus.

1.2.2) Le Gamétophyte

Le gamétophyte se développe sur diverses espèces de Renonculacées Dans les tissus de la plante, les myceliums haploides uniclées forment à la face supérieure des feuilles les spermogonies, organes mâles qui produisent les spermaties. A la face inférieure sont situées les hyphes réceptrices. Il s'effectue une fécondation croisée entre les hyphes et les spermaties de signe opposé. Le noyau des hyphes alors dicaryotique passe dans le mycelium pour se multiplier et s'associer ensuite aux noyaux des proécidies, organes femelles qui vont évoluer en écidies.

Les écidiospores produites par les écidies sont dispersées par le vent; elles germent sur le blé en donnant un mycélium dicaryotique intercellulaire à suçoirs. -Celui-ci produit deux types de fructifications :

- les urédosores, libérant les urédospores et entrainant l'extensiton de la maladie.
- les téleutosores contenant la forme de résistance hivernale les téleutospores dans lesquels s'effectue la caryogamie.

.../...

Au printemps, chaque cellule de la spore engendre une archécbaside à quatre basidiospores (deux (+) et deux (-)) à l'origine du gamétophyte.

(DURRIEU 1979)

1.2.3) Cycle des urédospores

Cette forme de dissémination du champignon a une grande importance pour le démarrage des épidémies. Les spores sont responsables des premières contaminations puisque les écidies apparaissent presque toujours après les urédosores.

Les urédospores initiatrices proviendraient, transportées par le vent de zones où la maladie est plus précoce (Espagne), mais aussi de pustules formées à partir de mycélium qui peut se conserver sur les répousses de blé et les graminées sauvages.

Les urédospores et les facteurs influançant sur le déroulement de leurs cycles jouent un grand rôle dans l'évolution de la maladie.

1.3) Conditions influençant le développement de la maladie .

La connaissance des facteurs influençant la cinétique de la Rouille Brune est indispensable pour élaborer et mettre au point des modèles de prévisions. -Ce sont surtout les américains et les anglais qui ont étudié quelques facteurs.

1.3.1 - Le pouvoir de résistance des spores (fig. 1)

La connaissance de ce critère permettrait de juger la conservation de l'inoculum et d'en déduire l'intensité des attaques.

Le pouvoir de résistance des spores varie avec la température (EVERSMEYER BURLEIGH - 1968)

Les spores restent viables sur feuillage sec, pendant :

- 45 jours à 5 - 8° C.
- 12 jours à 10-27° C.
- 19 jours à 18-39° C.

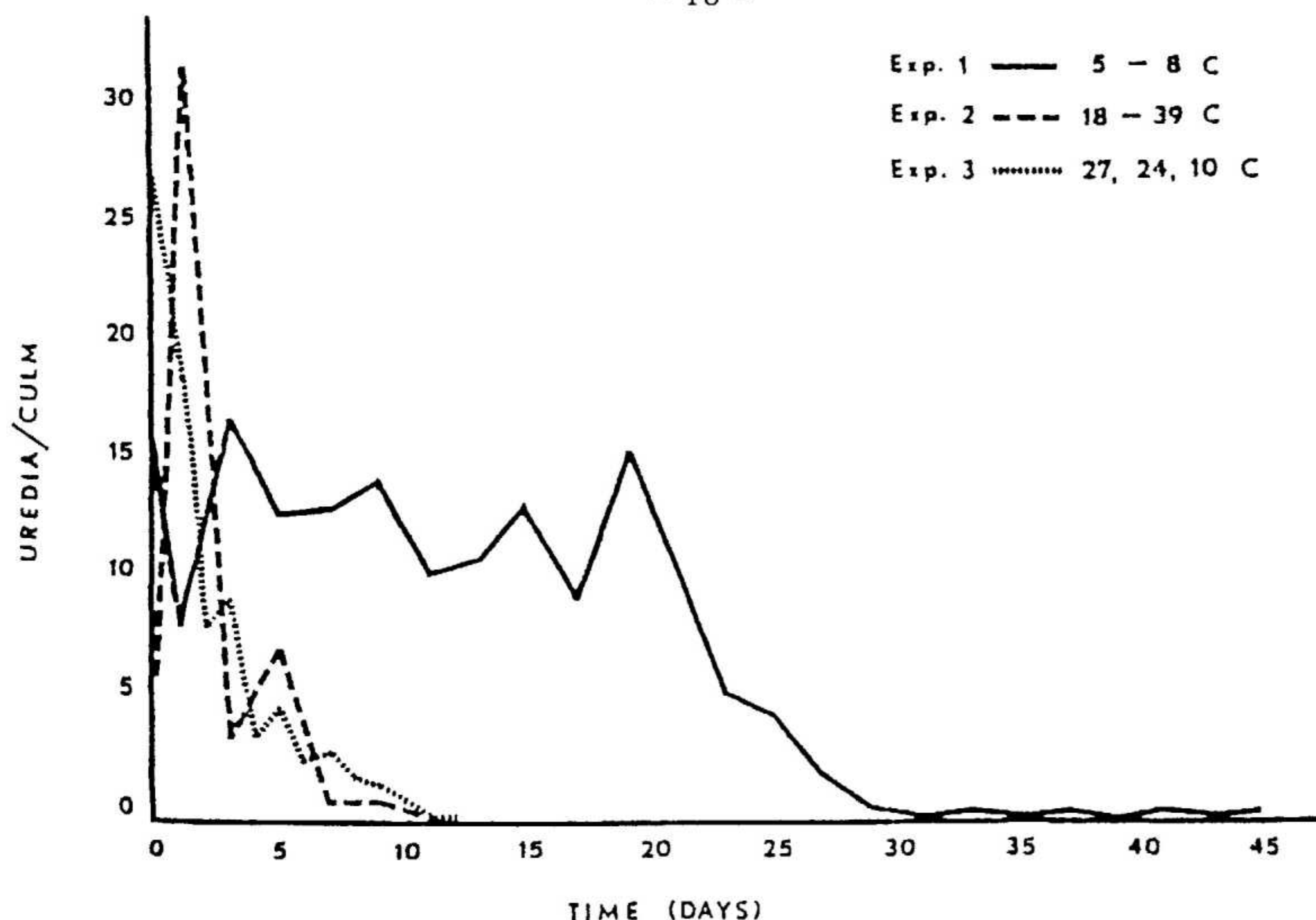


FIGURE 1 Longevity of P. recondita tritici urediospores on dry wheat foliage at three temperature ranges.

Source : Plant Disease reporter n° 52.

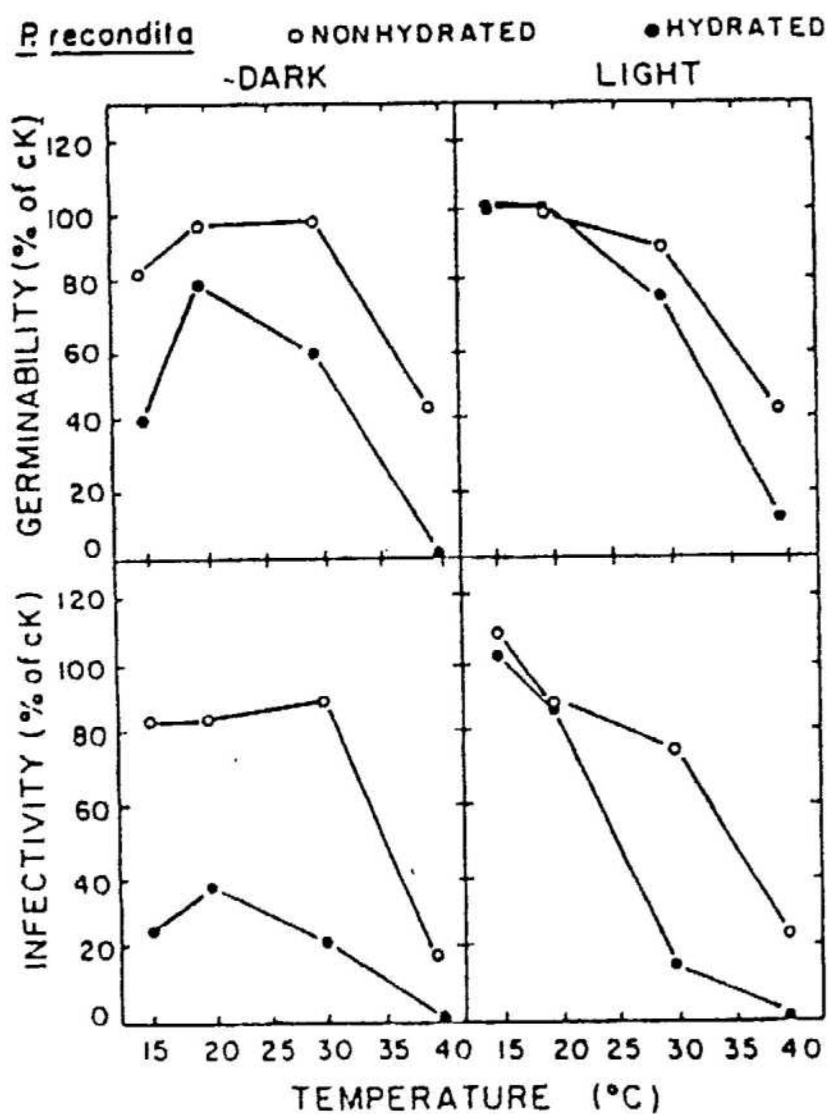


Fig2 - The germinability and infectivity of uredospores of *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* following 24-hr treatment at different temperatures in atmospheres of 25 ± 5 (nonhydrated) and 100% relative humidity (hydrated) in the dark and light (22,630 lx). Untreated spores (ck) germinated >91% and produced 60 ± 20 infections per leaf.

Wiese and Ravenscroft

.../...

Mais leur pouvoir germinatif devient très faible.

La température affecte différemment le pathogène et l'hôte, suivant son niveau . -Ainsi à 5 - 8°C. la dessication du feuillage semble limiter la longévité des spores, plus que la température elle-même.

1.3.2 - La germination et la pénétration des urédospores (WIESE - RAVENCROFT 1979).

Des diminutions de germination et d'infection se sont produites par des augmentations de température, surtout au-dessus de 20°C. (fig. 2)

Les températures supérieures à 30°C. inhibent fortement la germination et l'infection.
La germination, et surtout le pouvoir infectieux de spores maintenues en atmosphère saturée d'humidité, ont été réduits par rapport aux spores situées dans les mêmes conditions, mais en atmosphère relativement sèche (environ 20 % d'humidité).

La lumière ne semble pas avoir d'effet en condition sèche, par contre elle semble réduire l'effet dépressif de l'humidité. Le niveau de germination est alors proche de celui obtenu avec des spores non hydratées.

CLIFFORD et HARRIS (1981) se sont intéressés à l'effet de la température et de l'humidité sur la germination et la pénétration des urédospores.

La Fig.3 montre que les températures ont un rôle important .

- A 5 °C, 70% des germinations sont encore possibles, alors qu'à 25°C ce taux est pratiquement nul.

- A noter qu'à 10, 15 et 20°C., le taux maximal de germination est atteint au bout de 4 heures, alors qu'à 5°C, il faut 12 heures.

La formation de l'appresorium est la plus rapide à 15°C. (fig. 4).
A 5 °C., 70 % des spores germées ont un appresorium après 16 heures.
De 5 à 20°C., les formations maximales sont atteintes après 12 heures à l'obscurité et en condition humide.

- La pénétration stomatique (fig. 5) est maximale au bout de 16 heures, à une température optimale de 15°C. Cette pénétration croît linéairement en fonction du temps.

.../...

B. C. Clifford and R. G. Harris (1981)

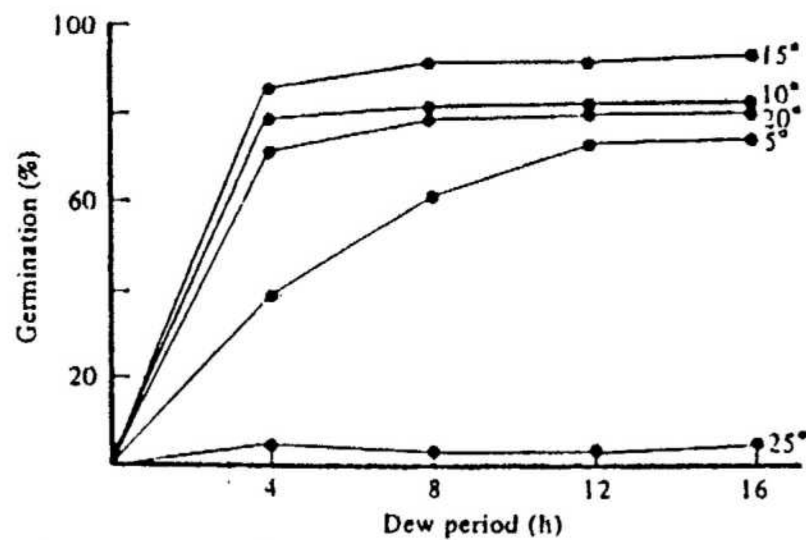


Fig. 3 Urediniospore germination (%) over a range of temperature in dark/dew conditions.

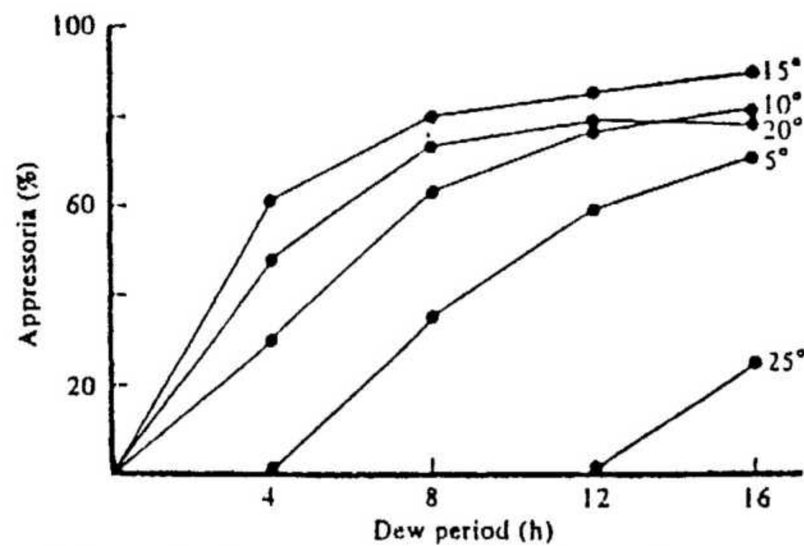


Fig. 4 Appressoria formation (percentage of germinated spores) over a range of temperature in dark/dew conditions.

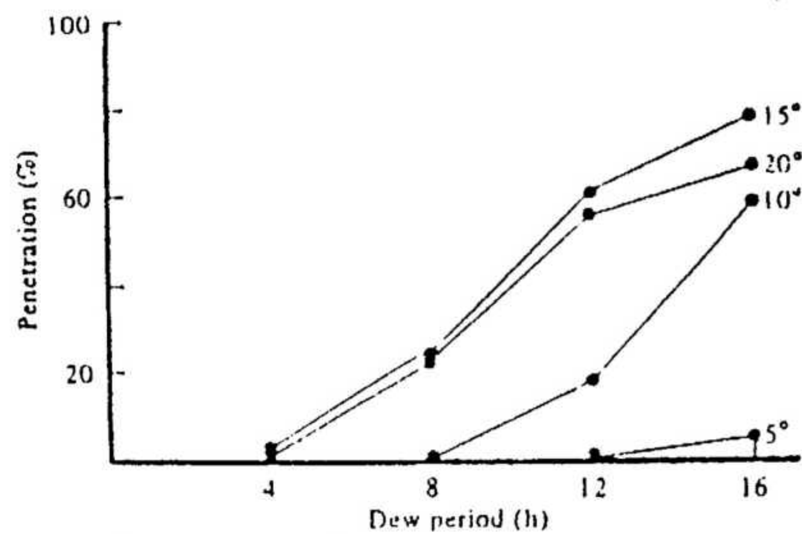


Fig.5 Ghost' appressoria (percentage of germinated spores) over a range of temperature in dark/dew conditions.

Source : Trans Br. Mycol. 5077 - p. 355.

.../...

De ces expériences, on peut tirer les températures cardinales de germination et de formation de l'oppréssorium.

- Maxima 25°C.
- Optimum 15°C.
- Minima 5°C.

EVERSMEYER et BURLEIGH (1968) avaient trouvé 2°C. 21°C et 30°C. comme étant les plus adaptés aux conditions des Etats-Unis, mais les résultats de CLIFFORD et HARRIS semblent être admis en France.

1.3.3 - La durée d'incubation et la production de pustules.

Le temps d'incubation sépare la germination de l'apparition des symptômes (sortie des pustules). La durée la plus courte est obtenue à partir de 15°C. Elle est alors de 6 jours après inoculation (fig.6).
A 5° le développement est plus lent, la sporulation s'étend sur 30 jours, mais le nombre final de pustules est plus important qu'à 20°C.

La germination des spores est influencée par la température sous laquelle elles ont été émises.

Variation de la germination de spores produites à différentes températures.

Température à la fructification.	Température à la germination	% de germination après un temps écoulé (en heure			
		2 h.	**4 h.**	**6 h.**	**24 h.**
5	5	7	55	79	89
5	20	30	51	50	72
20	5	79	92	92	96
20	20	82	90	96	95

(CLIFFORD - HARRIS 1981)

Des spores produites à 20°C. germent plus vite et en plus grand nombre que des pustules produites à 5°C.

.../...

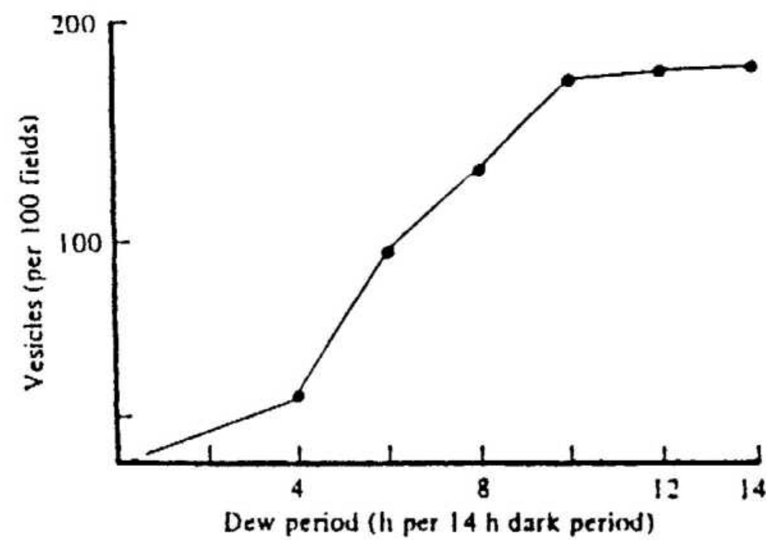


Fig. 9 Formation of substomatal vesicles at 15° under varying periods of dew during a 14 h dark period.

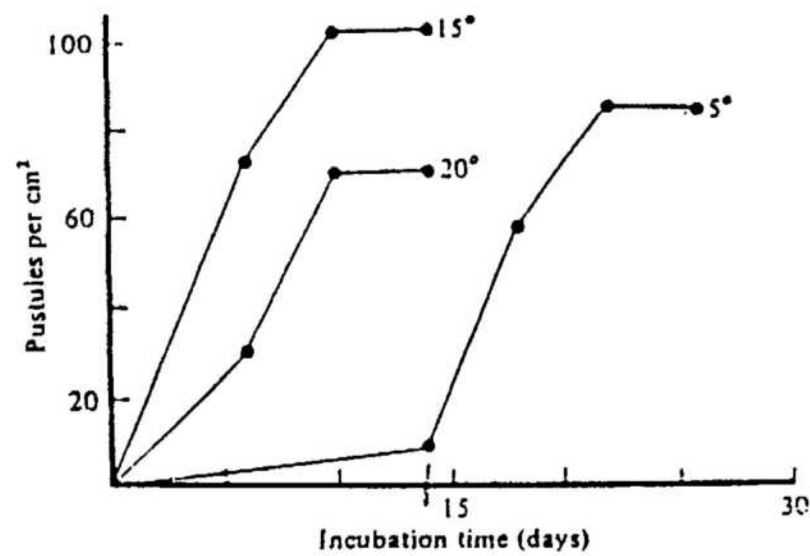


Fig. 6 Rate and numbers of pustules produced (per cm² leaf lamina) at different post-inoculation temperatures.

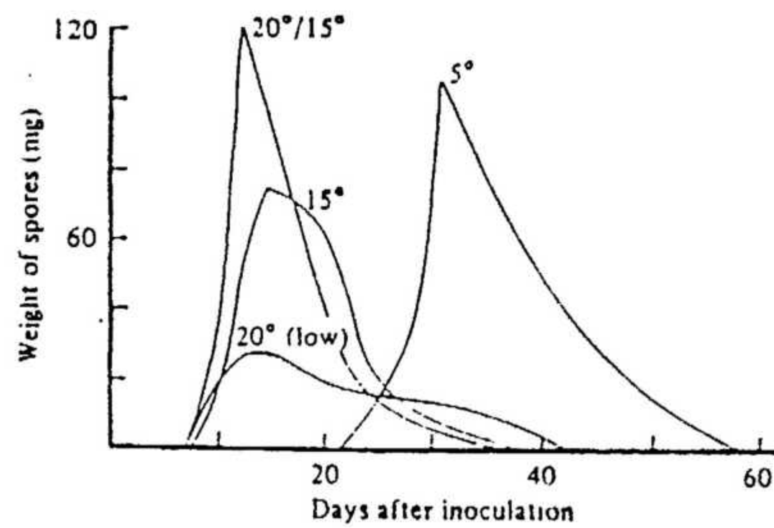


Fig10 Amount and duration of spore production under different post-inoculation invironments.

Clifford and Harris 1981

<u>Source</u> : Trans. br. Mycol. 5077 - p. 355

.../...

2. LE MODELE EPURE (Extrait rapport TENEGAL - 1984)

2.1. PRESENTATION DE EPURE

Le programme utilise :

- les données épidémiologiques de la Rouille brune,
- les paramètres climatiques simples :
  - . température moyenne journalière,
  - . pluviométrie journaliere.

2.1.1. Rôle des données climatiques

2.1.1.1. La température

Elle intervient au niveau du calcul des pustules latentes, des pustules infectieuses et des pustules mortes.

2.1.1.2. La pluie

Si Pluie > 0 → PDEW = 3

Si Pluie = 0 → PDEW = PDEW - 1

Si PDEW > 0 → DEW = 1

Si PDEW = 0 → DEW = 0

Quand DEW = 1, le développement du champignon est possible ; il est arrêté quand DEW = 0.

Donc la pluie permet le développement pendant 3 jours.

2.1.2. Entrées du programme

Ce sont :

- SDAT : date de début de prévision
- EDAT : date de fin de prévision
- SITES : nombre de sites disponibles pour la Rouille brune sur une feuille

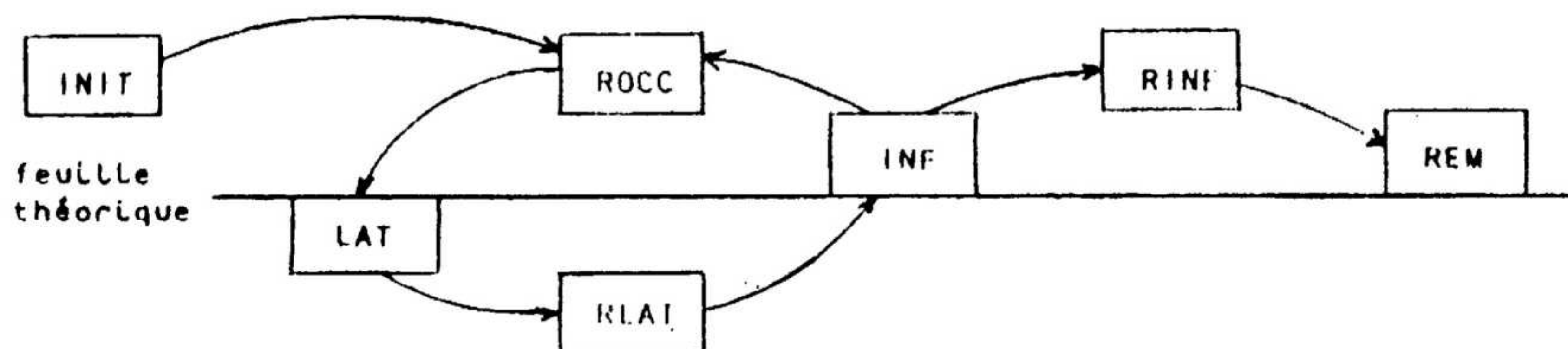
.../...

- PO : pas de temps en jour choisi pour la sortie des résultats
- INIT : infection théorique de départ en nombre de pustules
- DMFR : facteur de multiplication (nombre de pustules issues d'une même pustule infectieuse)
- YEAR : année du fichier climatique

2.1.3. Schéma de calcul

Les calculs sont effectués sur un échantillon théorique de 1000 feuilles (250 tiges de 4 feuilles chacune) pour lequel on définit le nombre total de sites que peut occuper la Rouille brune : ALL.

ALL = 1000 x SITES



$$\underline{\text{ROCC}} = \text{INF} \times \text{DMFR} \times \frac{\text{ALL} - \text{LAT} - \text{INF} - \text{REM}}{\text{ALL}} \times \text{DEW} \times \text{TCOR} + \text{INIT}$$

ROCC : Pustules qui deviennent latentes à partir des INIT

TCOR = facteur intégrant l'influence de la température

Température	5	15	25
TCOR	0	1	0

optimum

La fonction AFGEN fait le calcul d'interpolation.

Plus on s'éloigne de l'optimum 15°, plus TCOR est faible → ROCC faible.

.../...

<u>LAT</u> = LAT + ROCC - RLAT

LAT : Pustules latentes

<u>RLAT</u> = BOXCAR (LP, SDLP, ROCC)

RLAT : Pustules qui cessent d'être latentes

Dans ce calcul, la fonction BOXCAR intègre la période de latence et les pustules ROCC dont le calcul est exposé plus haut. La température intervient ici sur la durée de la période de latence ; la fonction BOXCAR assure le calcul d'interpolation.

Température	5	10	15	20	25	35
Durée de la période de latence (en jours)	25	19	12	8	10	100

La fonction BOXCAR fait le calcul d'interpolation entre deux valeurs cardinales du tableau ci-dessus.

<u>INF</u> = INF + RLAT - RINF

INF : Pustules infectieuses

<u>RINF</u> = BOXCAR (IP, SDIP, RLAT)

RINF : Pustules qui cessent d'être infectieuses

La fonction BOXCAR intègre la durée de la période infectieuse et les pustules qui cessent d'être infectieuses.

<u>REM</u> = REM + RINF

REM : Pustules mortes

.../...

3 / - COMPARAISON DES DONNEES DE TERRAIN AVEC LES PREVISIONS DE SIMUL.
(extrait rapport Meurillon et Nedelec - 1986)

La comparaison, comme il l'a été expliqué précédemment, porte sur le pourcentage de surface verte attaquée, indice qui semble être le meilleur indicateur du niveau d'attaque dont nous disposions.

Pour réaliser des courbes d'évolution de ce pourcentage dans le temps, le modèle a fonctionné avec les données climatiques de postes météorologiques les plus proches possibles. Cela n'exclut pas toutefois des éloignements

approchants 40 km.

Contrairement au cas de la Septoriose, le pourcentage de surface verte attaquée par la Rouille brune n'est pas une donnée immédiate.
Elle repose en l'occurence sur une hypothèse qui découle de l'utilisation de l'échelle de Cobb pour les notations dont nous disposons.

- Cette hypothèse considère qu'en moyenne une feuille de blé comporte 1000 sites susceptibles d'être occupés par une pustule de rouille. Une feuille verte contaminée par 10 pustules est ainsi attaquée à 1 %.

A partir de cette hypothèse, ainsi que des données comprenant des nombres de pustules par feuille et des pourcentages de surface sèche par feuille les courbes d'évolution théorique et réelle de la maladie ont pu être tracées et comparées pour chacune des parcelles.

Si les courbes obtenues se prêtent bien à une analyse visuelle de la valeur du modèle cas par cas, il est évident qu'elles ne permettent pas commodément de donner un aperçu global de la qualité du modèle. Deux autres formes de présentation des données vont permettre une vision plus synthétique des résultats, l'une d'elle ayant d'ailleurs nécessité la réalisation des courbes pour effectuer certaines extrapolations.

La première consiste à exprimer les écarts en nombre de jours, entre la prévision obtenue par EPURE et les valeurs réelles à différents niveaux d'attaque (pourcentage d'attaque). Pour toutes les courbes, le modèle est utilisé avec les mêmes entrées déjà éprouvées, à priori par le SRPV :

- début de la prévision - 1er Janvier
- nombre d'INIT = 1
- D M F R = 5
- nombre de sites = 1000

.../...

Tableau 33 : Ecarts (J) à différents pourcentages d'attaque entre EPURE et la réalité observée. (la valeur est négative quand la prévision est en retard).

Année	Localisation	Variété	0,01%	0,05%	0,1 %	0,5 %	1 %	5 %	10 %
1980	Montauban (83)	Capitole	74	60	56	43			
"	Agen (47)	Castan			0	4	4	11	
"	Espanes (31)	Castan	70	45	46	39	34		
"	Balma (31)	Talent	53	25	25	16	21	22	
1981	Peyrefitte	Talent		15	6	5	2		
"	Frouzins	Talent	20	15	13	- 2	14		
1982	Teulat	Talent				-70	-63		
"	Auzeville	Top				-67	-60	-48	
"	Balma	Talent					-65	-50	
"	Balma	Talent					-70	-66	
"	Préserville	Talent					-70	-71	
"	Renneville	Mondur	-12	-29	-33	-31	-25	-27	
"	Renneville	Top						-17	
"	St. Michel de Lanes	Talent						-57	-35
"	Peyrefitte	Talent						-38	-15
"	Castelnaudary	Roazon	-12	-34	-37	-43	-46	-43	-23
1983	Muret	Top		10	9	9	14		
	Balma	Gala			3	19			
	Balma	Tango		-3					
	Auzielle	Castan		-17	5	18			

.../...

Tableau 33 (suite)

Année	Localisation	Variété	0,01%	0,05%	0,1%	0,5%	1 %	5 %	10 %
1983	Frouzins	Talent		-36	- 4	- 7	- 8		
"	Balma	Gala	18	10	12	13	16		
1984	Balma	Castan			3	- 3	- 3	- 4	- 2
"	Balma	Gala			6	2	6	4	2
"	Balma	Tango			0	8	9	8	
"	Balma	Talent					- 3	- 3	0
"	Auzeville	Gala	-21	-40	0	- 7	1	2	2
"	Montesquieu	Frandoc	52	26	24	16			
"	St. Rome	Capdur	40	20	30	22	20		
"	En crambade	Castan			6	11	11	8	6
1986	Balma	Gala		23	20	18	14		
"	Balma	Mondur	25	26	25				
"	Préserville	Capdur	50						
"	Villenouvelle	Primadur	15	15	18	16			

Un certain nombre de parcelles en 1980 n'ont pas pu être prises en compte en raison d'un manque de données météorologiques de janvier à avril pour plusieurs postes.

.../...

La deuxième présentation cherche à montrer la similitude de l'évolution donnée pour le modèle et celle observée sur le terrain.

Aux différentes dates d'observation, le modèle calcule un pourcentage noté **Y** . Le pourcentage observé réellement est noté **X** . Une régression de **Y** en fonction de **X** ($Y = aX + b$), pour l'ensemble des couples de valeurs X,Y obtenues aux jours d'observation, permet d'avoir un indice (r) de la variation de Y en fonction des variations X. r représente une évaluation quantitative de la corrélation entre les deux séries de données (calculées et observées).

Par ailleurs, la variation du pourcentage de surface attaquée est très grande. Pour une pustule sur cent feuilles, elle vaut 1.10^{5} soit 0,001%, alors que l'attaque maximale correspond à 100 % . Comme le modèle SIMUL calcule des nombres de pustules pour un échantillon de 1000 feuilles, les données en pourcentage ont été traduites en nombre de pustules pour 1000 feuilles. Par commodité la régression a été effectuée sur le logarithme de ce nombre.

Si **y** et x sont les pourcentages de surface attaquée (calculé et réel) Y et X sont les valeurs transformées qui ont servi à la regression telles que :

$Y = \log._{10} (1000\ y \times 10^{3})$ 10^{3} pour 1000 sites par feuille

$X = \log._{10} (1000\ x \times 10^{3})$

Pour garder une certaine signification, les regressions n'ont été effectuées que pour les parcelles disposant de plus de 5 observations réelles.

Tableau 34 : Corrélations entre les courbes théoriques et réelles.

Année	Localisation	Variété	Equation de regression	Coefficient de corrélation	Nbre d'observations.
1980	Agen	Castan	Y = 1,00 X + 0,11	0,81	7
	Peyrefitte	Talent	Y = 0,88 X - 0,35	0,92	6
	Espanes	Castan	Y = 0,58 x + 3,50	0,97	9
	Renneville	Talent	Y = 0,86 x - 0,28	0,98	6
	Castelnaudary	Top	Y = 0,36 x + 1,19	0,58	5
	Argens	Ducat	Y = 0,63 x + 0,55	0,83	6
	Balma	Talent	Y = 0,87 x + 1,66	0,94	8
	Peyrens	?	Y = 0,86 x - 0,83	0,88	9
1981	Peyrefitte	Talent	Y = 0,87 x + 0,78	0,88	9
	Frouzins	Talent	Y = 0,97 x + 0,97	0,71	10
1982	Teulat	Talent	Y = 0,26 x + 0,98	0,80	6
	Auzeville	Top	Y = 0,30 x + 0,9	0,60	9
	Balma	Talent	Y = 0,11 x + 1,61	0,43	7
	Préserville	Talent	Y = 0,07 X + 1,79	0,47	8
	Renneville	Mondur	Y = 0,26 x + 1,15	0,97	7
	Renneville	Top	Y = 0,19 x + 1,75	0,17	6
	Les Casses	Top	Y = 0,46 x + 0,46	0,27	
	St. Michel	Talent	Y = 1,96 x - 7,15	0,67	6
	Peyrefitte	Talent	Y = 2,11 x - 7,32	0,87	7
	Castelnaudary	Roazon	Y = 0,5 x + 0,48	0,70	7
1983	Frouzens	Talent	Y = 1,50 x - 2,15	0,90	8
1984	Balma	Castan	Y = 0,95 x -0,001	0,98	5
	Auzeville	Gala	Y = 0,94 x + 0,04	0,91	15
	Grambade	Castan	Y = 0,91 x + 0,47	0,95	5
1986	Villenouvelle	Primadur	Y = 1,08 x + 0,81	0,99	5

.../...

Avant même d'aborder la partie confrontation du modèle à la réalité, le tableau des écarts en jours à différents niveaux d'attaque, soulève un problème non négligeable dans ce type d'étude.

Que le tableau ne soit pas complet dans sa partie droite est logique et reflète en fait l'attaque maximale enregistrée sur la parcelle si les observations ont été faites suffisamment tard, mais les manques pour les faibles niveaux sont plus gênants.

- Ils prouvent un manque d'homogénéité dans les observations et diminuent la fiabilité des comparaisons entre le modèle et la réalité. L'année 1982 est particulièrement concernée. L'hypothèse selon laquelle cette année-là, la maladie n'a été visible qu'à partir de 1 % voire 5 % (soit en moyenne 10 et 50 pustules par feuille) est peu probable, d'autant plus que le niveau 0,01 % a été observé pour deux parcelles.

Les tableaux précédents montrent que la qualité du modèle peut être abordée sous deux aspects :

- le niveau d'écart moyen entre EPURE et la réalité (précision)
- la variation de cet écart dans le temps (reproductibilité)

* Niveau d'écart moyen

Le niveau d'écart exprime l'aptitude du modèle à prévoir la date à laquelle apparait un seuil (le plus faible possible). Pour un pourcentage fixé le tableau 33 montre des variations énormes. Par exemple, le seuil 0,05 % est prédit avec une avance maximale de 60 jours et un retard de 40 jours.

Pour les raisons déjà indiquées, ce décalage ne peut être relié de façon sûre aux critères agronomiques.

Par ailleurs, on pourrait être tenté d'observer globalement un effet année; L'exemple de l'année 1982 est particulièrement net. Mais les deux Castans d'Agen et Espanes en 1980, les Gala et Frandoc de Auzeville et Montesquieu en 1984 (variétés d'égales sensibilités), montrent le contraire . En fait, le climat (du poste météo le plus proche !) et la variété s'avèrent insuffisants à eux seuls pour prédire la date d'apparition de la maladie pour un seuil donné.

.../...

*** La variation des écarts pour une même parcelle.**

Ce critère exprime la similitude, tout au long de la campagne, entre la courbe EPURE et la courbe réelle des pourcentages d'attaque sans préjuger du décalage, ni de la différence des pentes globales des courbes.
- C'est encore un bon moyen de juger de la réaction du modèle envers le climat. Mise à part l'année 82 sur laquelle nous reviendrons, le tableau - 34- montre des coefficients de corrélation dans l'ensemble très satisfaisants.

Si le seuil 0,01 % n'est pas pris en compte, le tableau 33 confirme ce constat. Les écarts pour une même parcelle sont remarquablement homogènes dans la grande majorité des cas.

Les données prises en compte sont uniquement les données réelles et non des extrapolations qui auraient pu être obtenues par lissage de la courbe réelle. Donc malgré l'imperfection des données réelles, due notamment au problème d'échantillonage, le constat précédent tend à montrer que l'évolution de la maladie prédite par EPURE est relativement proche de la réalité.

Ces résultats suggèrent une utilisation possible du modèle en terme d'aide à la décision. La courbe du modèle suit convenablement la courbe réelle dans une majorité des cas; Ceci montre qu'une fois atteint un certain niveau d'attaque, l'évolution de la maladie serait approximativement toujours la même quelque soient les différents critères agronomiques. L'approximation faite reste tolérable en terme de prévision.

Dans chaque parcelle pour laquelle on voudrait faire une prévision, devrait être "calée" au moins une fois par une observation fine et précoce.

Le modèle se déroulant ensuite tous les jours avec le poste météo le plus proche permettrait "d'attendre" la date à laquelle serait atteinte un seuil susceptible de déclencher un traitement fongicide.

La vérification à postériori de cette utilisation du modèle a été faite, et les résultats sont donnés dans le tableau 35. Pour chaque parcelle, les entrées du modèle init., date début, sont choisies de telle sorte que la courbe obtenue passe par le premier point observé réellement. Si le modèle du 1er janvier est en avance sur la courbe réelle, c'est la variation de la date début d'utilisation qui permet la calage.

Si le modèle est en retard, c'est le nombre d'INIT. qui le permet (le modèle ne travaillant que sur un fichier climatique annuel du 1er janvier au 31 décembre).

Remarque : Ce problème a été éliminé de la nouvelle version.

.../...

Le tableau 35 montre malheureusement que le résultat obtenu n'est pas aussi satisfaisant que le résultat escompté. Pour un grand nombre de parcelles, l'écart entre la date réelle d'un niveau d'attaque et la date prévue est supérieur à 10 jours voire 15 jours. Etant donné la vitesse d'évolution de la Rouille Brune (cf. tableau 36), cette précision est tout à fait insuffisante pour décider d'une intervention fongicide.

.../...

Tableau 35 : Ecarts en jours entre le modèle et la réalité à différents niveaux d'attaque après "calage".

(les nombres négatifs signifient que le modèle est en retard).

Année	Localisation	Variété	Niveau d'attaque de la lère observation (%)	0,01 %	0,055 %	0,1 %	0,55 %	1% %	5,5 %	10%
1980	Montauban	Capitole	0,003	2	5	7	3	5		
	Agen	Castan	0,2		17	4	0	-2	0	
	Espanes	Castan	0,0005	-6	-5	2	2	0	0	
	Balma	Talent	0,003	-4	-13	-11	-12	0	7	15
1981	Peyreffite	Talent	0,015		- 7	- 1	- 6	- 7		
	Frouzins	Talent	0,008	2	-10	-10	-16	0		
1982	Renneville	Mondur	0,01		- 2	-31	-24	-22	-23	
1983	Muret	Top	0,03		0	0	- 4	- 2		
	Frouzins	Talent	0,04		0	19	8	6		
	Balma	Gala	0,03		0	21	23	25		
1984	Balma	Castan	0,16			- 3	- 2	- 1	- 3	- 1
	Balma	Gala	0,1			0	0	1	2	-5
	Balma	Tango	0,16			12	9	11	9	
	Auzeville	Gala	0,01	-7	-13	3	-5	5	6	8
	Montesquieu	Frandoc	0,001	14	10	2	1	0		
	St. Rome	Castan	0,006	11	16	20	19	18		
	Crambade	Castan	0,08			- 1	7	5	3	-2
1986	Balma	Gala	0,02		0	0	0			
	Villenouvelle	Primadur	0,0005	2	0	5	4			

.../...

Tableau 3 6 : Cumul d'écart en jours entre deux pourcentages observés dans la réalité. (pour les parcelles le permettant)

Année	Localisation	Variété	De 0,01% à 0,055 %	De 0,01% à 0,1 %	De 0,01% à 0,55 %
1980	Ondes	Talent	6	11	16
	Montauban	Capitole	3	5	8
	Peyrefitte	Talent	3	15	23
	Espanes	Castan	4	15	19
	Castelnaudary	Top	3	23	25
	Arzens	Ducat	2	4	11
1981	Frouzins	Talent	5	10	15
1982	Castelnaudary	Roazon	2	3	5
1983	Balma	Gala	9	17	26
1984	Auzeville	Gala	6	49	52
	Montesquieu	Frandoc	1	2	5
	St. Rome	Capdur	10	24	28
1986	Villenouvelle	Peimadur	9	17	25

Commentaire : Si le seuil d'intervention est fixé à 0,55 % (hypothèse; et en admettant que le seuil 0,01 % est perceptible avec suffisamment de précision, le modèle peut permettre d'attendre parfois plus d'un mois ce qui peut être très intéressant. Mais dans le cas de forte évolution (écart inférieur à 10 jours, la précision du modèle devra être très grande pour qu'il soit fiable.

* De telles croissances de la sévérité de l'attaque sont inquiétantes !
Cela peut poser le problème de la qualité des observations.
Ceci peut s'expliquer pour deux raisons :

- les observations sont faites sur un nombre de talles (généralement 20 ou 40), fixé pour toute la campagne. Ce nombre peut parfois être inférieur. En effet, lors d'observations précoces, les observateurs ne "voyant rien" ont tendance paradoxalement à diminuer la taille de l' échantillon. Paradoxalement, car la taille de l'échantillon devrait être inversement proportionnelle au niveau d'attaque.

.../...

Si le pourcentage moyen d'attaque est de une pustule pour 200 feuilles, il ne s'agit pas d'observer un échantillon de 100 feuilles ou moins.

Dans ces conditions, l'imprécision de la première valeur peut alors être grande et expliquer le décalage du premier point par rapport au reste de la courbe.

* Par ailleurs, le modèle lui même semble plus satisfaisant en fin de campagne qu'en tout début. Donc plus l'utilisation du modèle est précoce, plus l'erreur sur la suite de la campagne est augmentée.

L'analyse du mode de calcul du modèle peut laisser entrevoir une amélioration pour une utilisation précoce (dès le semis, à la limite). Le calcul du nombre de spores contaminatrices issues d'une sore (pustule infectieuse) est effectué dans l'équation suivante :

$$\text{Rocc} = \text{INF} \times \text{DMFR} \times \frac{\text{ALL} - \text{LAT} - \text{INF} - \text{REM}}{\text{ALL}} \times \text{DEW} \times \text{TCOR}$$

qui peut s'écrire :

$$\text{Rocc} = \text{DMFR} \times \text{INF} \times \left(1 - \frac{(\text{LAT} + \text{INF} + \text{REM})}{\text{ALL}} \right) \times \text{DEW} \times \text{TCOR}$$

Ce calcul est tiré de l'équation épidémiologique de Van Der Planck (1963)

$$dx_t = r \times x_t \times (1 - x_t) \, dr$$

où x_t est la proportion de tissu végétal contaminé au temps t.

r le taux d'accroissement apparent.

et $(1-x_t)$ le tissu sain, disponible.

Cette équation exprime que l'évolution est proportionnelle à tout moment à un taux d'accroissement r, à la proportion de tissu végétal contaminé et au tissu sain disponible.

Par hypothèse x est fixé au départ et l'évolution de la surface disponible pour la maladie n'est fonction que de l'évolution de la maladie elle-même.

Pour utiliser le modèle dès le semis, ou pour tenir compte de la regression de talles pendant la montaison, il faudrait donc que ALL varie en même temps que la surface foliaire en cours de campagne, plutôt qu'être fixé à 1 000 000 (1000 sites par feuille pour un échantillon de 1000 feuilles) pour toute la durée de la prévision.

Ainsi le modèle intègrerait la variation du nombre de sites potentiels au fur et à mesure de la variation du couvert végétal et serait probablement plus adapté à une utilisation hivernale.

Il resterait toutefois à s'assurer que les urédospores sont réellement une forme de conservation hivernale de la rouille sur le blé, et que leur comportement vis à vis de la pluie et de la température est indépendant de l'époque de l'année.

.../...

4 / - PROPOSITION D'AMELIORATION - Utilisation de l'humectation (extrait rapport Meurillon et Nedelec - 1986)

- Comme nous venons de le voir, le modèle de prévision EPURE dans sa forme actuelle n'est pas totalement satisfaisant pour apporter un conseil à la parcelle.

L'évolution approximative de la maladie peut être cependant relativement bien copiée, excepté pour l'année 82. En effet, cette année là, on note une évolution contradictoire entre le modèle et la réalité du jour 110 (20 avril) au jour 150 (30 mai), période à laquelle le modèle présente encore un intérêt pour décider d'un traitement (cf. annexe 17)

On constate durant cette période :

- une stagnation de l'évolution prédite
- une augmentation de l'évolution réelle.

Le modèle EPURE , tel que nous l'avons testé dans la partie précédente fonctionnant avec deux paramètres climatiques simples

- T° moyenne journalière
- Pluie journalière

nous avons voulu voir si le climat écoulé lors de l'année 82 ne présentait pas un comportement exceptionnel par rapport aux autres années.

Comme il ne s'agissait pas de faire une analyse fine du climat, mais seulement de dégager un comportement, nous ne nous sommes basés que sur un cumul des températures moyennes journalières et une somme de pluies, mois par mois de janiver à juin.

.../...

	CUMUL DES T° MOYENNES JOURNALIERES					NOMBRE DE JOURS DE PLUIE				
	1982	1983	1984	1985	1986	1982	1983	1984	1985	1986
Janvier	262,4	173,8	208,1	16,7	187,2	10	5	14	5	18
Février	223,2	130,4	146,8	233	111,9	6	16	10	7	16
Mars	256,9	277,3	220,5	222,3	252,2	13	9	7	13	13
Avril	346,6	351,2	334,8	366,8	270	1	15	3	7	23
Mai	465,8	435	360,9	437,3	501	4	10	16	15	10
Juin	619,9	581,4	567,9	544	563,7	5	7	9	12	4

Le cumul des températures moyennes journalières ne révèle pas de comportement particulier de l'année 82 par rapport aux quatre années suivantes. Il ne semble donc pas à priori que la température puisse expliquer la mauvaise prévision de 82.

Par contre, le nombre de jours de pluie en avril - mai 82 est très faible. En effet, le total des jours de pluie de 83 à 86 pour les mois d'avril mai, varie de 19 à 33 jours alors qu'il n'est que de 5 en 82.

Cette sécheresse particulière de la fin du printemps 82 pourrait expliquer la stagnation de la prévision alors que la maladie, trouvant quand même des conditions favorables aurait continué d'évoluer.

Ce constat nous a amené à nous demander si la pluie était suffisamment précise pour intervenir dans les calculs théoriques.

La bibliographie fait état pour les phases de germination et pénétration de deux types de facteurs déterminants (cf. fig. 3,4,5 page 56).

- la température (5°C, 15°C, 25°C.)
- présence d'eau libre.

D'autre part, ces trois figures montrent que c'est la phase de pénétration qui est la plus limitante (80 % de germination après 4 heures d'humectation à 15°C. alors qu'à peu près 0% de pénétration dans les mêmes conditions). On peut aussi remarquer la croissance relativement linéaire du taux de pénétration en fonction du temps de l'humectation.

Guidés par ces quelques éléments, nous avons voulu voir quelles seraient les conséquences occasionnées par l'utilisation de l'humectation BAZIER trihoraire à la place de la pluie journalière sur l'évolution calculée. Ceci uniquement pour les phases de germination et pénétration (calcul de Rocc).

- Le modèle fonctionnant avec la pluie considérait jour par jour :

Si pluie > o ==> PDEW = 3

Si pluie = o ==> PDEW = PDEW -1

Si PDEW > o ==> DEW = 1

Si PDEW = o ==> DEW = 0

En travaillant avec l'humectation BAZIER trihoraire journalière, on peut affecter à DEW différentes valeurs :

Si humectation trihoraire > 16 heures --> DEW = 1

Si humectation trihoraire < 16 heures --> $DEW = \frac{\text{humectat° trihoraire}}{16}$

De façon à déterminer si le facteur DEW variait suivant qu'on utilisait la pluie ou l'humectation, nous avons récapitulé, mois par mois, les différentes valeurs attribuées à DEW. Les fichiers humectation n'étant pas toujours complets, les calculs n'ont pas été effectués pour certaines périodes.

Tableau 37 : Comparaison de DEW calculés avec humectation ou la pluie

1982		
Période	DEW Humectation	DEW Pluie
15.2. au 28.2	11,62	10
1.3. au 31.3	16,62	24
1.4. au 30.4	10,84	3
1.5. au 31.5	14,62	10
1.6. au 14.6	6,43	7

1983		
Période	DEW Humectation	DEW Pluie
1.1 au 31.1.	26,94	17
1.2 au 28.2	26,64	23
1.3 au 31.3	19,29	17
1.4 au 30.4.	14,84	26
1.5 au 31.5	16,79	19
1.6.au 30.6	11,23	16

.../...

1984		
Période	DEW Humectation	DEW Pluie
15.2. au 28.2.	10,52	13
1.3. au 31.3.	19,64	26
1.4. au 30.4.	18,14	29
1.5. au 31.5.	15,61	19
1.6. au 14.6.	10,96	10

1986		
Période	DEW Humectation	DEW Pluie
13.2. au 29.2	12,72	10
1.3. au 31.3	15;45	18
1.4. au 30.4.	9,15	10
1.5. au 31.5	18,35	24
1.6. au 31.6.	13,63	19

Ces tableaux permettent de constater qu'il existe des différences parfois importantes suivant que l'on considère l'humectation ou la pluie. Pour l'année 82 qui nous intéresse plus particulièrement, le facteur DEW calculé avec l'humectation du mois d'avril a plus que triplé par rapport à celui avec la pluie. Le même facteur n'est au mois de mai qu'un peu supérieur à DEW pluie.

Une nouvelle version du modèle EPURE a donc été réalisée en tenant compte de l'humectation à la place de la pluie.

La période d'humectation qui a finalement été retenue est de 24 heures de façon à "ralentir" le modèle.

Les graphiques ci-après donnent les résultats comparés des deux versions ence qui concerne le nombre de pustules latentes (P = Pluie, H = Humectation 24 H) pour le poste de BALMA sur quatres années (périodes du 15/02 au 14/06 pour lesquelles nous disposons des 2 mesures).

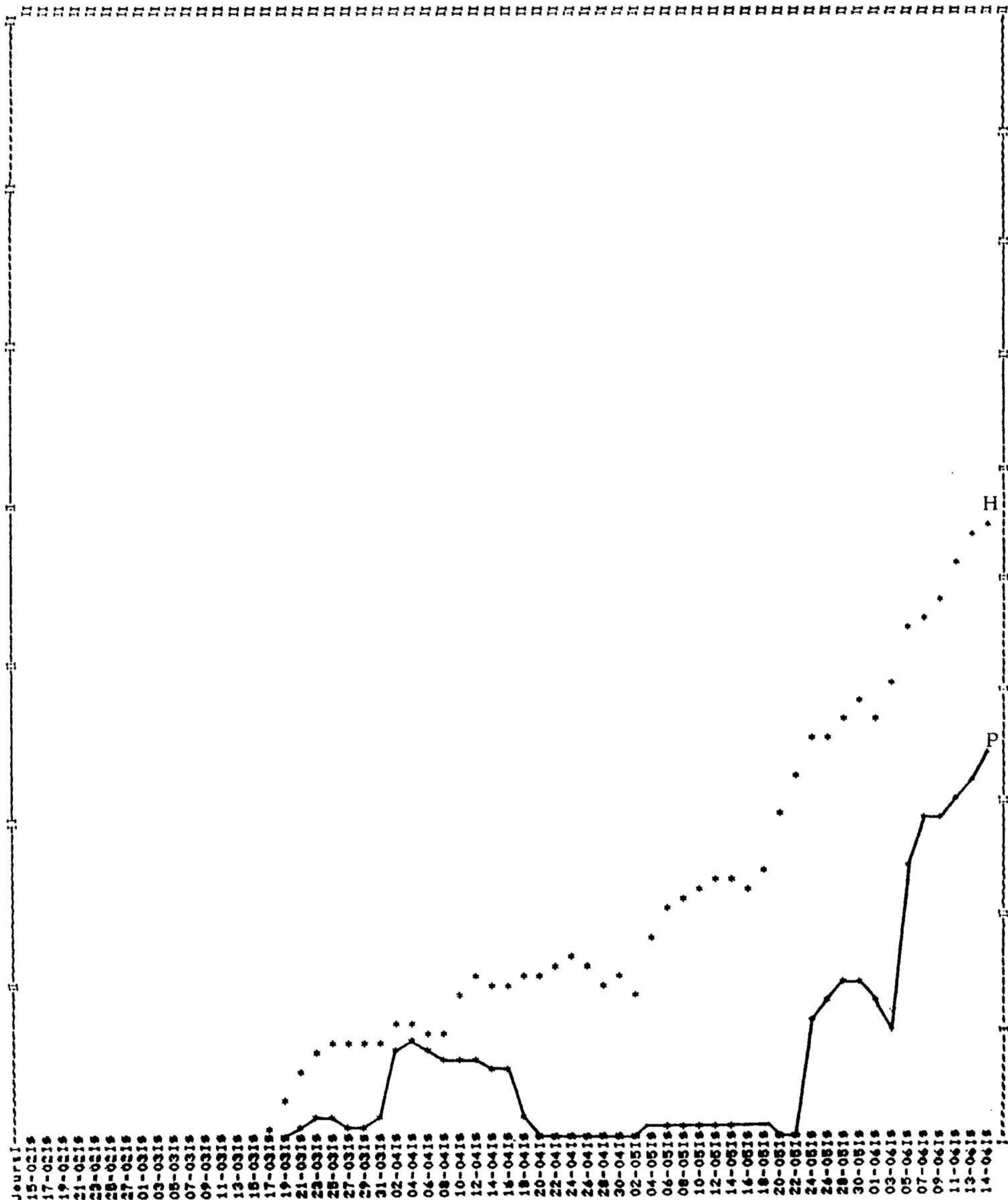
Un travail de comparaison avec les données de terrain comme présenté au paragraphe 3 sera réalisé avec cette version en 1987.

Sortie : nombre de pustules latentes

Poste de BALMA

Année 1982

1 spore initiale
Taux de multiplication 5
1 000 sites par feuille

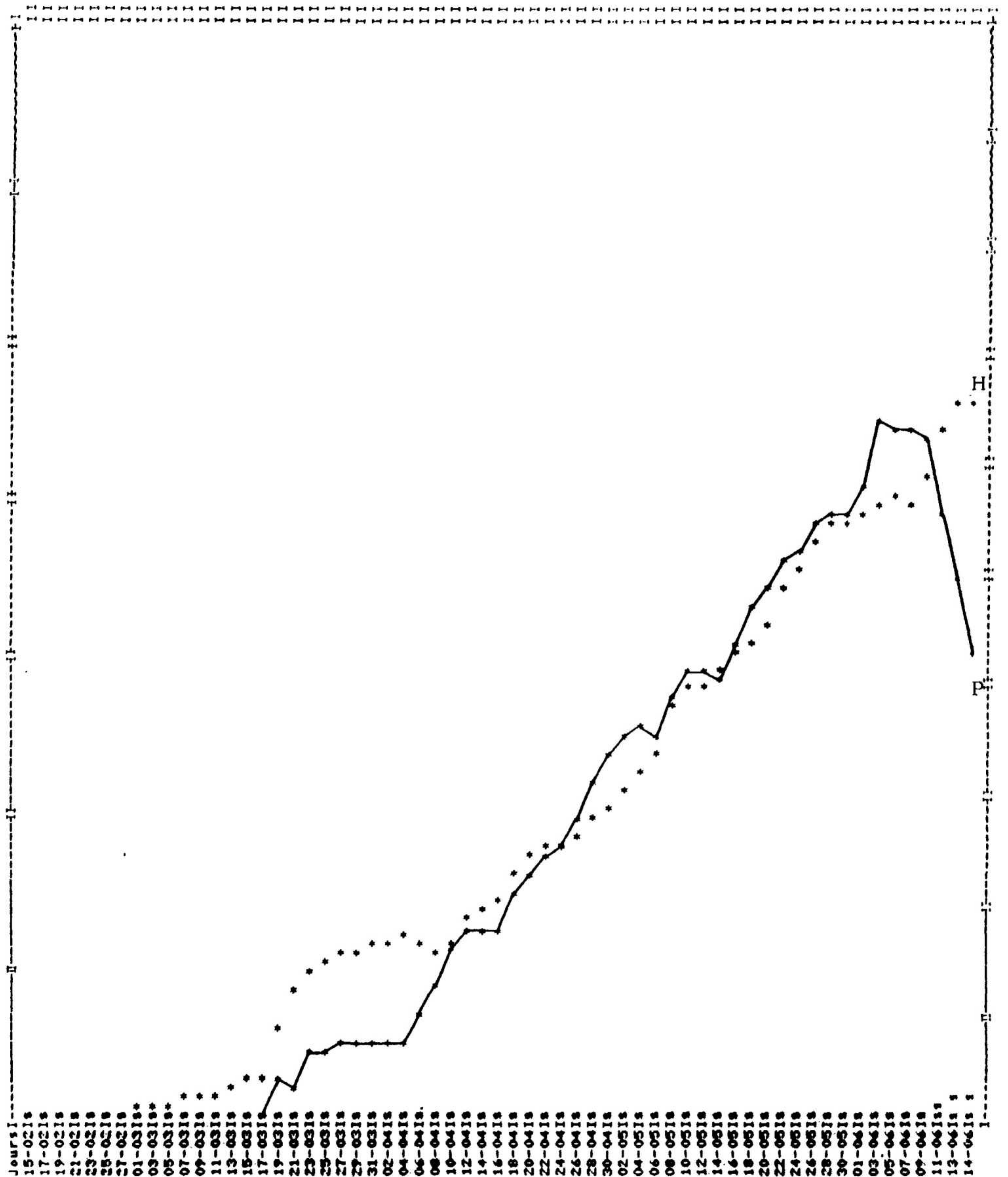


Sortie : nombre de pustules latentes

Poste de BALMA

Année 1983

1 spore initiale
Taux de multiplication 5
1 000 sites par feuille

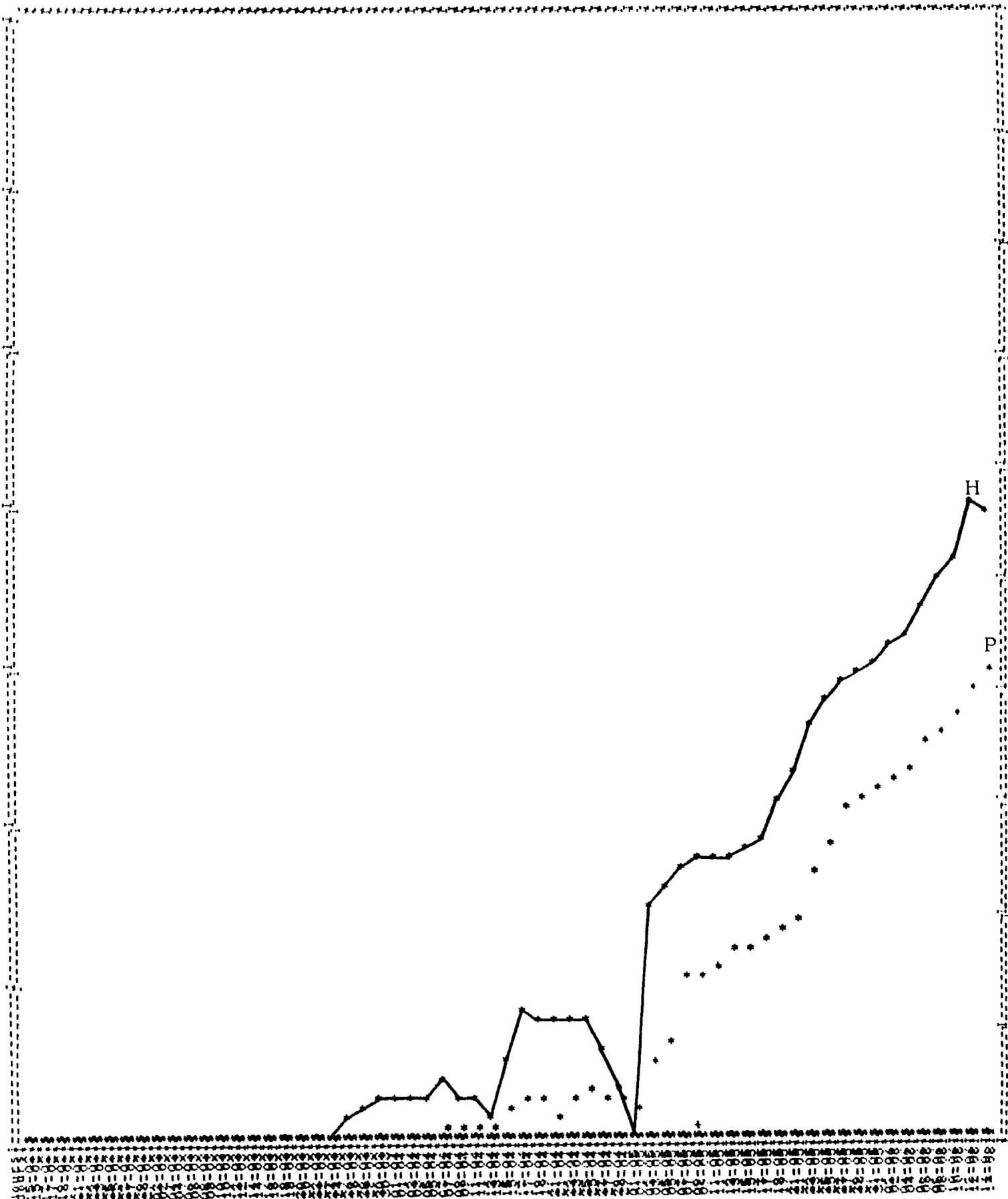


Sortie : nombre de pustules latentes

Poste de BALMA

Année 1984

1 spore initiale
Taux de multiplication 5
1 000 sites par feuille



Sortie : nombre de pustules latentes

Poste de BALMA

Année 1986

1 spore initiale
Taux de multiplication 5
1 000 sites par feuille

